

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

A61B 5/055

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00124054.4

[43] 公开日 2001年2月28日

[11] 公开号 CN 1285180A

[22] 申请日 2000.8.21 [21] 申请号 00124054.4

[30] 优先权

[32] 1999.8.20 [33] JP [31] 233364/1999

[71] 申请人 通用电器横河医疗系统株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 宫本昭荣

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

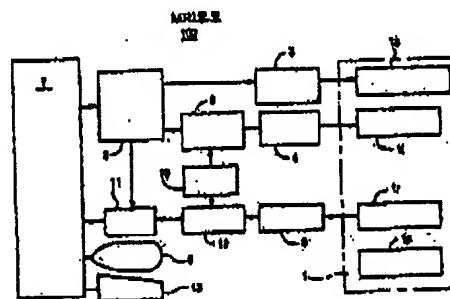
代理人 陈 舜 陈景峻

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 磁共振成像方法和磁共振成像装置

[57] 摘要

为降低由梯度脉冲产生的剩余磁化,对于具有正或负的极性的梯度脉冲,在施加了梯度脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲,或者对于连续地施加的具有不同的极性的梯度脉冲,调整梯度脉冲的幅值以此后降低剩余磁化。



知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种 MR 成像方法, 该方法包括如下步骤: 在梯度轴上施加具有正极性或负极性的梯度脉冲, 此后施加具有极性和幅值的剩余磁化降低脉冲以降低由所说的梯度脉冲引起的剩余磁化。
- 5      2. 一种 MR 成像方法, 该方法包括如下步骤: 在梯度轴上施加抑制脉冲, 此后施加具有极性和幅值的剩余磁化降低脉冲以降低由所说的抑制脉冲引起的剩余磁化。
- 10      3. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在相位梯度轴上施加相位编码脉冲, 所说的方法包括如下步骤: 在所说的相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性, 并且附加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的相位编码脉冲的面积中。
- 15      4. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在相位梯度轴上施加相位编码脉冲, 并在采集 NMR 信号后施加反绕脉冲, 该方法包括如下步骤:  
在所說的相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性, 并且附加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的相位编码脉冲的面积中, 此外, 在所說的反绕脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的反绕脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性, 并附加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的反绕脉冲的面积中。
- 20      5. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在梯度轴上连续地施加具有不同极性的两个或更多个梯度脉冲, 所说的方法包括如下的步骤:  
确定所说的两个或更多个梯度脉冲的相应幅值以降低在连续施加所说的两个或更多个梯度脉冲之后降低剩余磁化。
- 25      6. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在片层梯度轴上施加片层选择脉冲, 并在随后施加恢复相位脉冲, 所说的方法包括如下的步骤:  
确定所说的恢复相位脉冲的幅值以降低由所说的片层选择脉冲产生的剩余磁化。
- 30      7. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在读梯度轴线上施加失相脉冲, 随后施加读脉冲, 所说的方法包括如下的步骤:

确定所说的失相脉冲的幅值以便所说的读脉冲能够降低由所说的失相脉冲产生的剩余磁化。

8. 一种 MR 成像方法, 在该方法中在梯度轴线上施加梯度矩为零 (GMN) 的相位补偿脉冲, 所说的方法包括如下步骤:

5 确定所说的梯度矩为零的相位补偿脉冲的相应幅值以在施加所说的梯度矩为零的相位补偿脉冲之后降低剩余磁化。

9. 一种 MRI 装置, 包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置, 其中:

10 所说的梯度脉冲施加装置在梯度轴上施加具有正极性或负极性的梯度脉冲, 此后施加具有能够降低由所说的梯度脉冲引起的剩余磁化的幅值和相反极性的剩余磁化降低脉冲。

10. 一种 MRI 装置, 包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置, 其中:

15 所说的梯度脉冲施加装置在梯度轴上施加抑制脉冲, 此后施加具有能够降低由所说的抑制脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性的剩余磁化降低脉冲。

11. 一种 MRI 装置, 包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置以在相位梯度轴上施加相位编码脉冲, 其中:

20 所说的梯度脉冲施加装置在所说的相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性, 并且附加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的相位编码脉冲的面积中。

25 12. 一种 MRI 装置, 包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置以在相位梯度轴上施加相位编码脉冲和在采集 NMR 信号之后施加反绕脉冲, 其中:

30 所说的梯度脉冲施加装置在所说的相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性, 并且附加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的相位编码脉冲的面积中, 此外, 在所说的反绕脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲, 所说的剩余磁化降低脉冲具有能够降低由所说的反绕脉冲引起的剩余磁化的极性和幅值, 并附

加地将所说的剩余磁化降低脉冲的面积增加到所说的反绕脉冲的面积中。

13. 一种 MRI 装置，包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置，其中：

5 当在梯度轴上连续地施加具有不同极性的两个或更多个梯度脉冲时，所说的梯度脉冲施加装置施加的所说两个或更多个梯度脉冲的相应幅值经确定足以在施加所说的两个或更多个梯度脉冲之后降低剩余磁化。

10 14. 一种 MRI 装置，包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置以在片层梯度轴上施加片层选择脉冲和在随后施加相位恢复脉冲，其中：

所说的梯度脉冲施加装置确定所说的恢复相位脉冲的幅值以降低由所说的片层选择脉冲产生的剩余磁化。

15 15. 一种 MRI 装置，包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置以在读梯度轴上施加失相脉冲并在此后施加读脉冲，其中：

所说的梯度脉冲施加装置确定所说的失相脉冲的幅值以便所说的读脉冲能够降低由所说的失相脉冲产生的剩余磁化。

20 16. 一种 MRI 装置，包括射频脉冲发射装置、梯度脉冲施加装置和 NMR 信号接收装置以在梯度轴线上施加梯度矩为零的相位补偿脉冲，其中：

所说的梯度脉冲施加装置确定所说的梯度矩为零的相位补偿脉冲的相应的幅值以降低在施加所说的梯度矩为零的相位补偿脉冲之后的剩余磁化。

# 说明书

## 磁共振成像方法和磁共振成像装置

5 本发明涉及一种 MR (磁共振) 成像方法和 MRI (磁共振成像) 装置, 更具体地说, 涉及一种能够降低由梯度脉冲产生的剩余磁化的 MR 成像方法和 MRI 装置。

在已有技术中, 日本专利申请 No. H10-75940 所公开的技术如下:

10 (1) 一种相移测量方法, 包括如下步骤: 执行包括发射激励 RF 脉冲、发射反向 RF 脉冲、在相位梯度轴上施加相位编码脉冲、在读出梯度轴上施加读出脉冲以及在相位梯度轴上施加反绕脉冲的预扫描程序, 随后发射反向 RF 脉冲、在相位梯度轴上施加失相脉冲并在相位梯度轴上施加读脉冲的同时采集回波数据; 基于通过对所采集的数据进行一维傅立叶变换得到的相位数据, 测量在随后由相位编码脉冲等引起的残余磁化或涡流效应产生的回波中的相移, 和

15 (2) 一种应用快速自旋回波脉冲序列的 MR 成像方法, 这种方法包含反复地执行如下步骤: 多次改变相位编码脉冲; 在发射激励 RF 脉冲之后, 发射反向 RF 脉冲、在相位梯度轴上施加相位编码脉冲、在读出梯度轴上施加读脉冲的同时采集回波数据, 以及在相位梯度轴上施加反绕脉冲 (rewinder pulse), 由此应用一个激励 RF 脉冲采集许多回波的数据, 其中对通过如在 (1) 中所描述的相移测量方法所测量的相移量进行补偿的补偿脉冲并入到相位编码脉冲中或者附加在直接之前或直接之后或在相位编码脉冲直接之前和之后, 或者并入在反绕脉冲中或附加在直接之前或直接之后或在反绕脉冲直接之前和直接之后。

25 上述技术必需要求通过 (1) 中所述的相移测量方法测量的相移量等于在加入补偿脉冲之前在 (2) 中的快速自旋回波脉冲序列中产生的相移量。

30 然而, 由于存在磁调节极板或类似的部件的磁滞特性, 在 MRI 装置中这些量并不总是相等, 所以并不是总能够满足在上述技术中的前提条件。在下文将参考附图 1 和 2 解释这种情况。

附图 1 所示为依据常规的快速自旋回波 (FSE) 技术的脉冲序列图。

在 FSE 序列 SQ 中, 首先施加激励 RF 脉冲 R 和片层选择脉冲 ss. 接着在读梯度轴上施加失相脉冲 gx1, 接着施加第一反向 RF 脉冲 P1 和片层选择脉冲 ss. 接着在相位梯度轴上施加相位编码脉冲 gy1i, 然后, 在施加读脉冲 gxw 的同时采集来自第一回波 echo1 数据。此后, 在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲 gy1i 相同面积但极性相反的反绕脉冲 gy1ri. 参考符号 i 表示在附图 1 中的 FSE 序列 SQ 的重复次数, 并且  $i=1-I$  (例如  $1=128$ )。

接着, 施加第二反向 RF 脉冲 P2 和片层选择脉冲 ss, 在相位梯度轴上施加相位编码脉冲 gy2i, 并在施加读脉冲 gxw 的同时采集第二回波 echo2, 然后在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲 gy2i 相同面积但极性相反的反绕脉冲 gy2ri.

此后, 类似地, 施加第 j 个反向 RF 脉冲 Pj 和片层选择脉冲 ss, 在相位梯度轴上施加相位编码脉冲 gyji, 并在施加读脉冲 gxw 的同时采集第 j 回波 echoj, 然后在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲 gyji 相同面积但极性相反的反绕脉冲 gyjri, 从  $j=3-J$  进行重复 (例如虽然  $J=8$ , 但是在附图 1 中所示为  $J=3$  的情况)。

最后, 在相位梯度轴上施加大幅值的抑制脉冲。

附图 2 所示为铁磁材料比如在 MRI 装置中的磁调节极板的磁滞特性图。

当外部磁场强度 H 实质改变时铁磁材料比如在 MRI 装置中的磁调节极板的磁化强度 B 按照如主环 Ma 所示变化, 而当外部磁场强度 H 的变化较小时它按照次环 M1 所示变化。梯度脉冲与在外部磁场强度 H 中的较小变化相对应。因此, 应用梯度脉冲能够使铁磁材料比如磁调节极板的磁性强度 B 按照次环 M1 所示进行变化。

因此, MRI 装置具有的剩余磁化取决于所施加的梯度脉冲的情况而变化, 这是由于铁磁材料比如磁调节极板的磁滞特性引起的。

然而, 由于如在 (1) 中所述的预扫描序列并没有注意到由于抑制脉冲 kp 引起的剩余磁化, 通过 (1) 中所述的相移测量方法测量的相移量并不等于在加入补偿脉冲之前在 (2) 中的快速自旋回波脉冲

序列中产生的相移量。这就是说，由在第(1-1) FSE序列SQ中的抑制脉冲引起的剩余磁化影响了在第1个FSE序列SQ中的所有的回波。

此外，(1)中的预扫描序列是一种直至第一回波的部分截断FSE序列的形式，所施加的预扫描的梯度脉冲的情况并不等于在第二回波之时和之后的MR成像扫描的情况。因此，剩余磁化影响了第二回波和随后的回波。

因此，如上所述的常规技术具有的问题是，不能彻底地降低由于梯度脉冲引起的剩余磁化的影响。

因此，本发明的一个目的是提供一种能够彻底地降低由梯度脉冲引起的剩余磁化的影响的MR成像方法和MRI装置。

依据本发明的第一方面，提供一种MR成像方法，该方法包括如下步骤：在梯度轴上施加具有正极性或负极性的梯度脉冲，此后施加具有能够降低由梯度脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性的剩余磁化降低脉冲。

在第一方面的MR成像方法中，在施加梯度脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲。剩余磁化降低脉冲具有与梯度脉冲相反的极性，并具有能够降低由梯度脉冲引起的剩余磁化的幅值。因此，在施加了剩余磁化降低脉冲之后的剩余磁化被降低到了可以忽略的程度。因此，由梯度脉冲引起的剩余磁化的影响可以充分减少。

依据本发明的第二方面，提供一种MR成像方法，该方法包括如下步骤：在梯度轴上施加抑制脉冲，此后施加具有能够降低由抑制脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性的剩余磁化降低脉冲。

在这种结构中，抑制脉冲是一种通过强力失相来消除横向磁化的梯度脉冲。抑制脉冲也称为分解脉冲(spoiler pulse)。

在第二方面的MR成像方法中，在施加抑制脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲。剩余磁化降低脉冲具有与抑制脉冲相反的极性，并具有能够降低由抑制脉冲引起的剩余磁化的幅值。因此，在施加了剩余磁化降低脉冲之后的剩余磁化被降低到了可以忽略的程度。因此，能够防止由于在第(1-1)的FSE序列SQ中的抑制脉冲引起的剩余磁化影响第1的FSE序列SQ的数据。

依据本发明的第三方面，提供一种MR成像方法，在该方法中在

相位梯度轴上施加相位编码脉冲，该方法包括如下步骤：在相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲，该剩余磁化降低脉冲具有能够降低由相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性，并且，附加地将剩余磁化降低脉冲的面积加到相位编码脉冲的面积。

5 在第三方面的 MR 成像方法中，在施加相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲。剩余磁化降低脉冲具有与相位编码脉冲相反的极性，并具有能够降低由相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值。因此，在施加了剩余磁化降低脉冲之后的剩余磁化被降低到了可以忽略的程度。因此，能够防止由相位编码脉冲引起的剩余磁化影响随后的数据。  
10 据。

依据本发明的第四方面，提供一种 MR 成像方法，在该方法中在相位梯度轴上施加相位编码脉冲，并在采集 NMR 信号后施加反绕脉冲，该方法包括如下步骤：在相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲，该剩余磁化降低脉冲具有能够降低由相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性，并且，附加地将剩余磁化降低脉冲的面积增加到相位编码脉冲的面积中，此外，在反绕脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲，该剩余磁化降低脉冲具有能够降低由反绕脉冲引起的剩余磁化的幅值和极性，并附加地将剩余磁化降低脉冲的面积加到反绕脉冲的面积中。  
15

20 在第四方面的 MR 成像方法中，在施加相位编码脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲。剩余磁化降低脉冲具有与相位编码脉冲相反的极性，并具有能够降低由相位编码脉冲引起的剩余磁化的幅值。此外，在施加了反绕脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲。剩余磁化降低脉冲具有与反绕脉冲相反的极性，并具有能够降低由反绕脉冲引起的剩余磁化的幅值。因此，在施加了剩余磁化降低脉冲之后的剩余磁化被降低到了可以忽略的程度。因此，能够防止由相位编码脉冲和反绕脉冲引起的剩余磁化影响随后的数据。  
25

依据本发明的第五方面，提供一种 MR 成像方法，在该方法中在梯度轴上连续地施加具有不同极性的两个或更多个梯度脉冲，该方法包括如下的步骤：确定两个或更多个梯度脉冲的相应幅值以降低在连续施加两个或更多个梯度脉冲之后的剩余磁化。  
30

在依据第五方面的 MR 成像方法中，由于连续地施加具有不同极性的两个或更多个梯度脉冲，没有加入任何新的剩余磁化降低脉冲，而是在连续地施加两个或更多个梯度脉冲之后调整两个或更多个梯度脉冲的相应幅值以将剩余磁化降低到可忽略的程度。因此，能够防止在连续地施加两个或更多个梯度脉冲之后的剩余磁化影响数据。

依据本发明的第六方面，提供一种 MR 成像方法，在该方法中在片层梯度轴线上施加片层选择脉冲，随后施加恢复相位脉冲，该方法包括确定恢复相位脉冲的幅值以降低由片层选择脉冲产生的剩余磁化的步骤。

在依据第六方面的 MR 成像方法中，由于连续地施加的片层选择脉冲和恢复相位脉冲具有不同的特性，在连续地施加片层选择脉冲和恢复相位脉冲之后调整恢复相位脉冲的幅值以将剩余磁化降低到可忽略的程度。因此，能够防止在连续地施加片层选择脉冲和恢复相位脉冲之后的剩余磁化影响数据。

依据本发明的第七方面，提供一种 MR 成像方法，在该方法中在读梯度轴线上施加失相脉冲，随后施加读脉冲，该方法包括确定失相脉冲的幅值以使读脉冲能够降低由失相脉冲产生的剩余磁化的步骤。

在依据第七方面的 MR 成像方法中，由于连续地施加的失相脉冲和读脉冲具有不同的特性，在连续地施加失相脉冲和读脉冲之后调整失相脉冲的幅值以将剩余磁化降低到可忽略的程度。因此，能够防止在连续地施加失相脉冲和读脉冲之后的剩余磁化影响数据。

依据本发明的第八方面，提供一种 MR 成像方法，在该方法中在梯度轴线上施加梯度矩为零 (GMN) 的相位补偿脉冲，该方法包括确定 GMN 相位补偿脉冲的相应幅值以降低在施加 GMN 相位补偿脉冲后的剩余磁化的步骤。

在上述结构中，GMN 相位补偿脉冲定义为具有能够消除由于运动引起的核自旋的相位变化的波形的梯度脉冲。

在依据第八方面的 MR 成像方法中，由于施加了 GMN 相位补偿脉冲，在该 GMN 相位补偿脉冲中具有不同特性的两种或多种梯度脉冲相结合，在连续地施加 GMN 相位补偿脉冲之后调整梯度脉冲的相应幅值

以将剩余磁化降低到可忽略的程度。因此，能够防止在连续地施加 GMN 相位补偿脉冲之后的剩余磁化影响数据。

因此，依据本发明的 MR 成像方法和 MRI 装置，对于具有正或负的极性的梯度脉冲，在施加了梯度脉冲之后施加剩余磁化降低脉冲，或者对于连续地施加的具有不同的极性的梯度脉冲，调整梯度脉冲的幅值以此后降低剩余磁化，因此，不会产生不希望相位误差，并可防止诸如重影或阴影等图像质量退化。

通过下文对在附图中所示的本发明的优选实施例的描述，本发明的进一步的目的是优点将会清楚。

10 附图 1 所示为常规 FSE 序列的示例性的脉冲序列。

附图 2 为解释磁滞特性的图。

附图 3 所示为依据本发明的第一实施例的 MRI 装置的方块图。

附图 4 所示为依据第一实施例 FSE 序列的示例性的脉冲序列图。

15 附图 5 解释第四实施例的附图，在该实施例中本发明施加片层选择脉冲和相位恢复脉冲的组合。

附图 6 解释第五实施例的附图，在该实施例中本发明施加失相脉冲和读脉冲的组合。

附图 7 解释第六实施例的附图，在该实施例中本发明施加相位补偿脉冲。

20 现在结合在附图中所示的几个实施例更详细地描述本发明。

#### 第一实施例

附图 3 所示为依据本发明的第一实施例的 MRI 装置的方块图。

25 在 MRI 装置 100 中，磁体组件 1 具有空心部分（孔）以插入目标对象，在空心部分的周围，设置有给目标施加恒定强度为  $H_0$  的静止磁场的永磁体 1p。在片层梯度轴、相位梯度轴和读梯度轴上施加梯度脉冲的梯度磁场线圈 1g。提供 RF 脉冲以激励在目标体内的原子核自旋的发射线圈 1t 和检测来自目标的 NMR 信号的接收线圈 1r。梯度磁场线圈 1g、发射线圈 1t 和接收线圈 1r 分别连接到梯度磁场驱动电路 3、RF 功率放大器 4 和前置放大器 5 上。

30 应该指出的是，可以应用超导磁体或普通磁体替代永磁体。

序列存储器电路 8 基于所存储的脉冲序列按照来自计算机 7 的指

令操作梯度磁场驱动电路 3, 以驱动在磁体组件中的梯度磁场线圈 1g 以施加梯度脉冲。序列存储器电路 8 还操作门调制电路 9 以将 RF 振荡电路 10 的载波输出信号调制成具有一定的时序和包络线形的脉冲  
5 输送信号。将脉冲输送的信号作为 RF 脉冲施加给 RF 功率放大器 4, 在 RF 功率放大器 4 中进行功率放大, 并施加给在磁体组件中的发射线圈 1t 以有选择地激励所需要的片层区。

前置放大器 5 放大在磁体组件中的接收线圈 1r 所检测到的来自目标的 NMR 信号, 并将该信号输入到相位检测器 12。相位检测器 12 参照 RF 振荡电路 10 的载波输出信号检测来自前置放大器 5 的 NMR 信号  
10 的相位, 并将相位检测信号输送到 A/D 转换器 11。A/D 转换器 11 将该相位检测模拟信号转换为数字信号, 并将其输入到计算机 7。

计算机 7 读取来自 A/D 转换器 11 的数据, 并执行图像重建操作以得到所需片层区的图像。将该图像显示在显示器装置 6 上。计算机 7 还负责综合控制, 比如接收来自操作控制台 13 的信息。

15 附图 4 所示为依据本发明的快速自旋回波技术的脉冲序列图。

在 FSE 序列 SQ 中, 首先施加激励 RF 脉冲 R 和片层选择脉冲 ss。接着在读梯度轴上施加失相脉冲 gx1, 再接着施加第一反向 RF 脉冲 P1 和片层选择脉冲 ss。

接着, 在相位梯度轴上施加相位编码脉冲 gy1i。随后, 施加具有  
20 反向极性和一定幅值的剩余磁化降低脉冲 gy1i\_rms 以消除由于相位编码脉冲 gy1i 引起的剩余磁化。应该注意的是, 相位编码脉冲 gy1i 的面积增加了剩余磁化降低脉冲 gy1i\_rms 的面积以防止剩余磁化降低脉冲 gy1i\_rms 改变相位编码量。

能够消除由于相位编码脉冲 gy1i 引起的剩余磁化的幅值基本大  
25 约为相位编码脉冲 gy1i 的一半, 因为磁滞特性曲线为原点对称形。然而, 由于幅值可以根据磁调节极板或梯度磁场线圈 1g 的特性变化, 可取的是, 应用次环 M1 的数学模型进行模拟或实验可以确定该幅值。

然后, 在施加读脉冲 gxw 的同时采集第一回波 echo1 的数据。

此后, 在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲 gy1i 相同面积  
30 但极性相反的反绕脉冲 gylri。随后, 施加具有反向极性和一定幅值的剩余磁化降低脉冲 gylri\_rms 以消除由于反绕脉冲 gylri 引起的剩

余磁化。应该注意的是，反绕脉冲  $gy1ri$  的面积由剩余磁化降低脉冲  $gy1ri\_rms$  的面积而增加以防止剩余磁化降低脉冲  $gy1ri\_rms$  改变相位编码量。虽然，与上述类似地，剩余磁化降低脉冲  $gy1ri\_rms$  的幅值基本大约为反绕脉冲  $gy1ri$  的一半；可取的是，通过模拟或实验确定该幅值。

参考标号  $i$  是在附图 4 中所示的 FSE 序列 SQ 的重复次数， $i=1-1$ （例如， $i=128$ ）。

然后，施加第二反向 RF 脉冲  $P2$  和片层选择脉冲  $ss$ ，在相位梯度轴上施加相位编码脉冲  $gy2i$ ，与上述类似地施加剩余磁化降低脉冲  $gy2i\_rms$ 。接着，在施加读脉冲  $gxw$  的同时采集第二回波  $echo2$  的数据。此后，在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲  $gy1i$  相同面积但极性相反的反绕脉冲  $gy2ri$ ，并与上述类似地施加剩余磁化降低脉冲  $gy2i\_rms$ 。

此后，类似地，施加第  $j$  反向 RF 脉冲  $Pj$  和片层选择脉冲  $ss$ ，在相位梯度轴上施加相位编码脉冲  $gyji$  和剩余磁化降低脉冲  $gyji\_rms$ ，在施加读脉冲  $gxw$  的同时采集第  $j$  回波  $echoj$  的数据。此后，在相位梯度轴上施加具有与相位编码脉冲  $gyji$  相同面积但极性相反的反绕脉冲  $gyjri$  和剩余磁化降低脉冲  $gyji\_rms$ ，并重复  $j=3-J$ （尽管例如  $J=8$ ，在附图 4 中所示为  $J=3$  的情况）。

最后，在相位梯度轴上施加大幅值的抑制脉冲  $kp$ ，随后施加具有能够消除由抑制脉冲  $kp$  引起的剩余磁化的幅值和相反极性的剩余磁化降低脉冲  $kp\_rms$ 。

依据 MRI 装置 100，可以降低由相位编码脉冲、反绕脉冲和抑制脉冲引起的剩余磁化，因此抑制了图像质量的下降，比如抑制了剩余磁化在图像中产生虚像和阴影。

## 第二实施例

在反向恢复技术的抑制脉冲或饱和脉冲的抑制脉冲之后，施加具有反向极性和一定幅值的剩余磁化降低脉冲以消除由于这种抑制脉冲引起的剩余磁化。

## 第三实施例

在激励脉冲之前立即施加最大幅值的剩余磁化饱和脉冲，随后施

加具有反向极性和一定幅值的剩余磁化降低脉冲以消除由于剩余磁化饱和脉冲引起的剩余磁化。

#### 第四实施例

5 如附图 5 所示，在片层选择形脉冲 ss 之后跟有具有极性相反的相位恢复脉冲 sr 的脉冲序列中，可以调整恢复相位脉冲 sr 的幅值以降低由片层选择脉冲 ss 引起的剩余磁化。然而，恢复相位脉冲 sr 的时间宽度也应该进行调整以便不改变该脉冲的面积。

通过恢复相位脉冲 sr 就能够降低在施加片层选择脉冲 ss 之后的剩余磁化。

#### 10 第五实施例

在梯度回波型脉冲序列中，如附图 6 所示在这种序列中在读脉冲之前施加反极性失相脉冲 dp，可以调整失相脉冲 dp 的幅值以降低由读脉冲 ro 引起的剩余磁化。然而，也应该调整失相脉冲 dp 的时间宽度以便不改变该脉冲的面积。

15 这就能够通过失相脉冲 dp 降低在施加读脉冲 ro 后的剩余磁化。

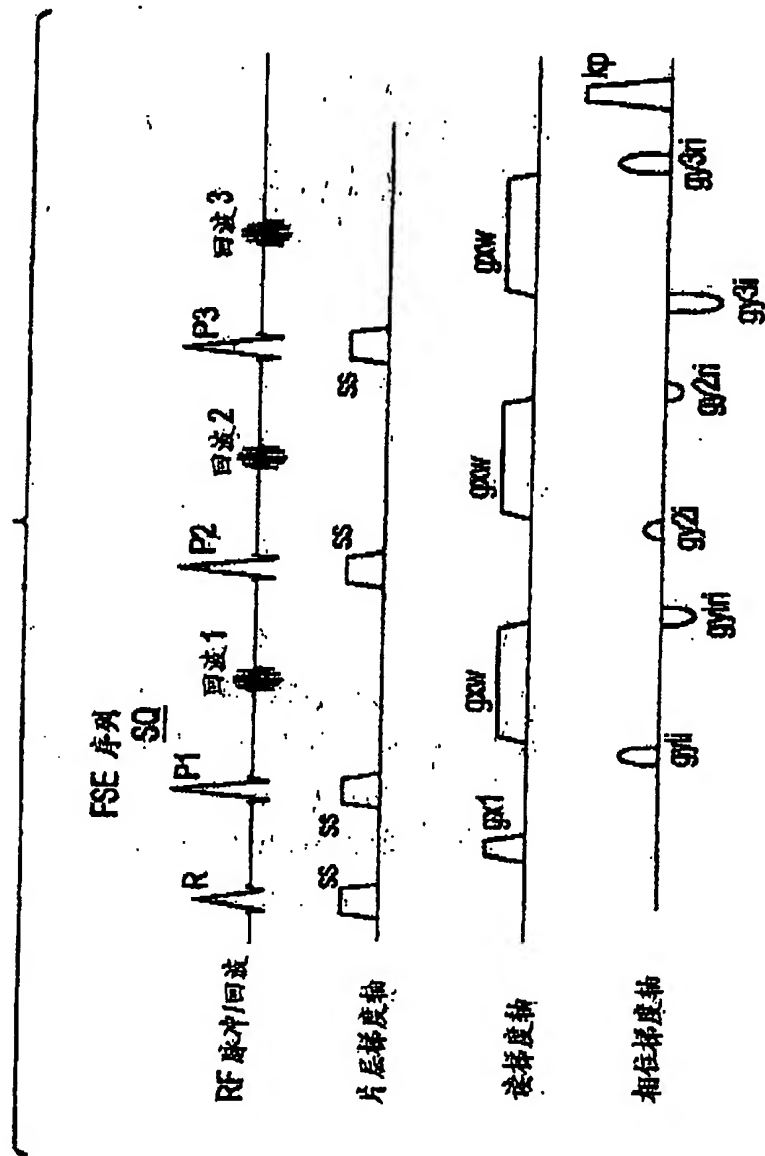
#### 第六实施例

20 如附图 7 所示，在施加具有三种不同极性的梯度脉冲 fc1、fc2 和 fc3 的综合脉冲的第一阶 GMN 相位补偿脉冲的脉冲序列中，梯度脉冲 fc1、fc2 和 fc3 的相应幅值都可以调整以便在施加相位补偿脉冲之后的剩余磁化变得尽可能地小。然而，也应该调整梯度脉冲 fc1、fc2 和 fc3 的相应时间宽度以便不改变该面积。

这就能够降低在施加相位补偿脉冲之后的剩余磁化。

在不脱离本发明的精神和范围的前提下可以构造出本发明的许多不同的实施例。应该理解的是本发明并不限于在说明书中所描述的  
25 的这些具体的实施例，而是由附加的权利要求限定本发明。

图 1  
现有技术



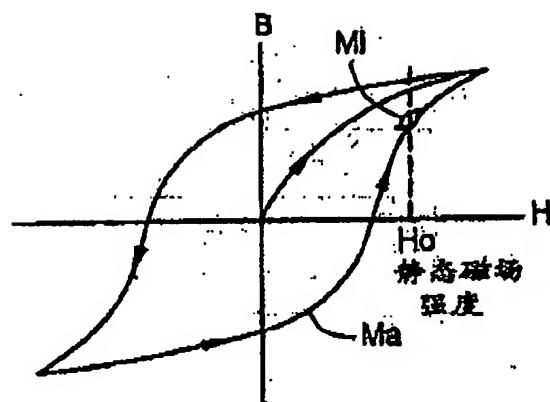


图 2

MRI装置  
100

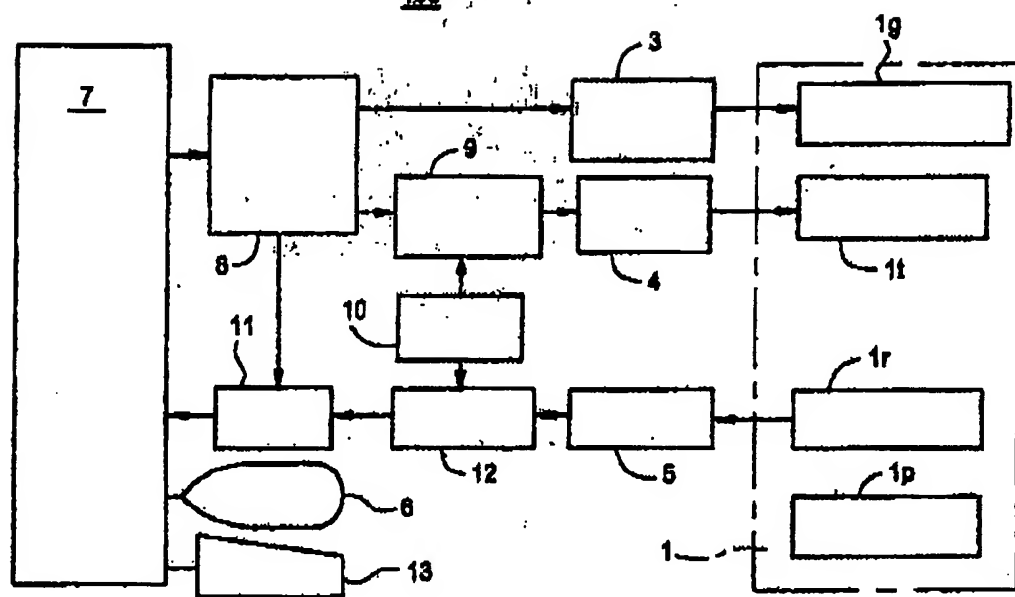


图 3

**图 4 现有技术**

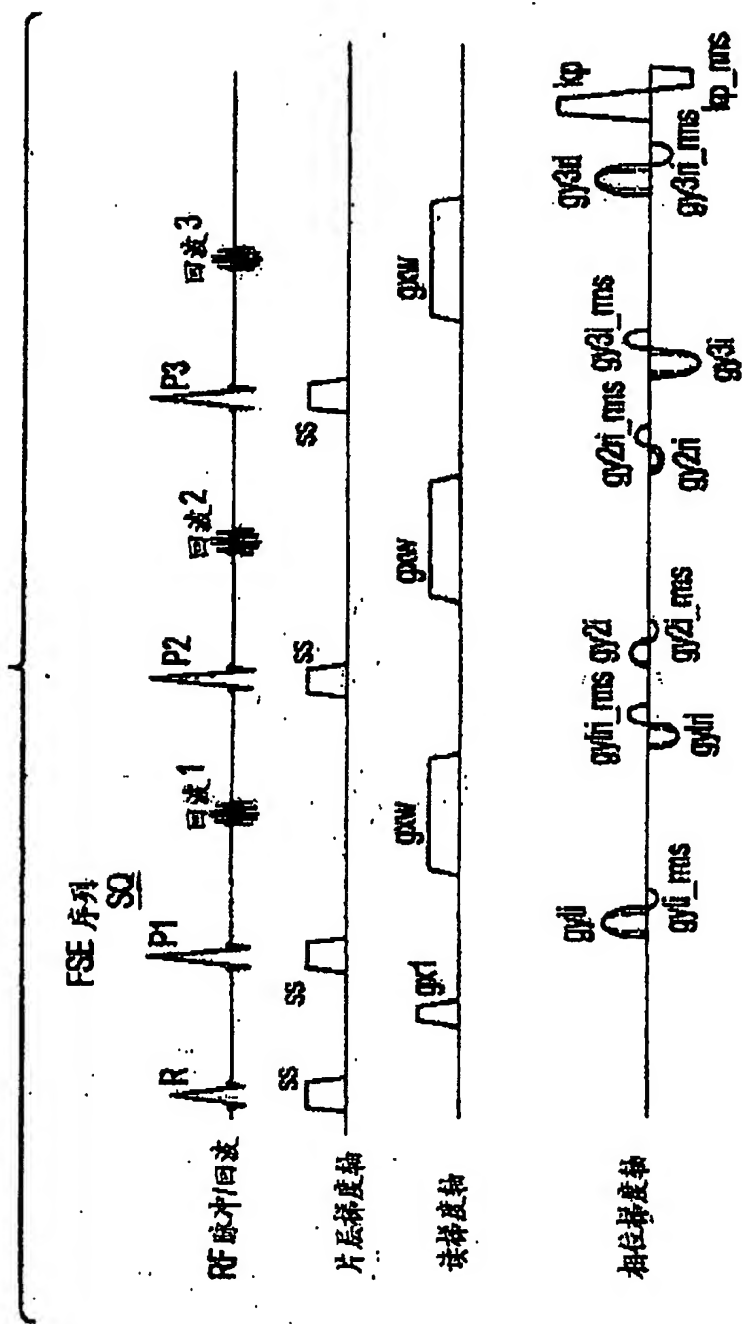


图 5

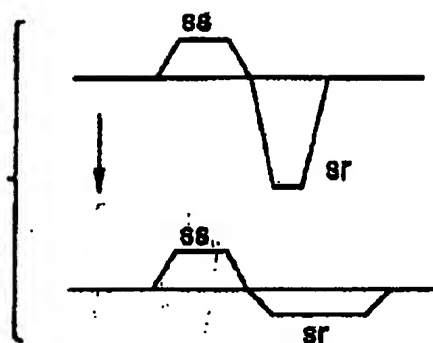


图 6

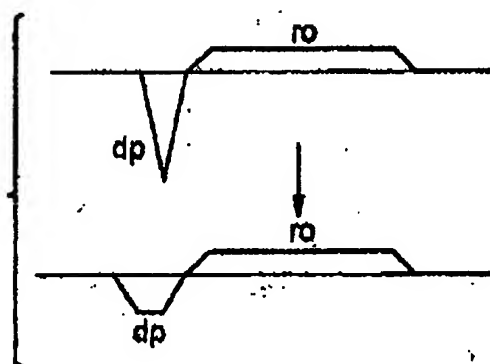
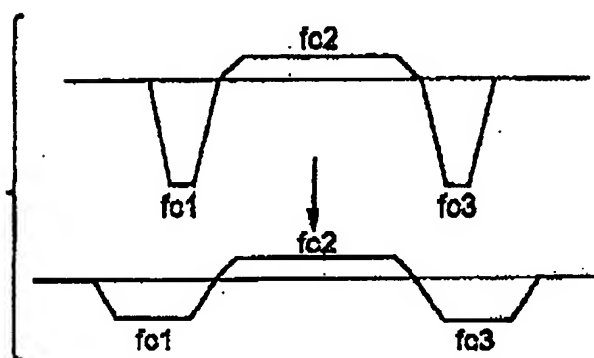


图 7





US006483305B1

(12) **United States Patent**  
Miyamoto

(10) Patent No.: **US 6,483,305 B1**  
(45) Date of Patent: **Nov. 19, 2002**

(54) **MAGNETIC RESONANCE METHOD FOR REDUCING RESIDUAL MAGNETIZATION AND ADJUSTING THE AMPLITUDE OF GRADIENT PULSES**

(75) Inventor: **Shoei Miyamoto, Tokyo (JP)**

(73) Assignee: **GE Yokogawa Medical Systems, Limited, Tokyo (JP)**

(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 144 days.

(21) Appl. No.: **09/597,527**

(22) Filed: **Jun. 20, 2000**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Aug. 20, 1999 (JP) ..... 11-233364

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ..... **G01V 3/00**

(52) U.S. Cl. .... **324/307; 324/309**

(58) Field of Search ..... **324/300, 306, 324/309, 311, 312, 313, 314, 318, 322**

(56) **References Cited**

#### U.S. PATENT DOCUMENTS

4,973,906 A \* 11/1990 Bernstein ..... 324/309  
5,055,790 A \* 10/1991 Siuciak et al. .... 324/309  
5,280,244 A \* 1/1994 Hinks ..... 324/306

5,311,133 A \* 5/1994 Dannels ..... 324/309  
5,729,139 A \* 3/1998 Goto ..... 324/309  
6,043,656 A \* 3/2000 Ma et al. .... 324/309  
6,127,825 A \* 10/2000 Goto ..... 324/307  
6,218,834 B1 \* 4/2001 Goto ..... 324/307  
6,400,151 B1 \* 6/2002 Haase et al. .... 324/309  
2001/0017544 A1 \* 8/2001 Miyamoto ..... 324/314  
2002/0047708 A1 \* 4/2002 Miyoshi et al. .... 324/307  
2002/0050816 A1 \* 5/2002 Miyoshi ..... 324/307

#### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

EP 1083438 A2 \* 3/2001  
EP 1115007 A1 \* 7/2001  
JP 8322817 12/1996  
JP 10075940 3/1998

\* cited by examiner

*Primary Examiner*—Edward Lefkowitz

*Assistant Examiner*—Tiffany A. Fetzner

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Moonray Kojima

(57) **ABSTRACT**

In order to reduce residual magnetization caused by gradient pulses, for a gradient pulse having either a positive or negative polarity, a residual magnetization reducing pulse is applied after applying the gradient pulse, or for two or more successively applied gradient pulses having different polarities, the amplitude of the gradient pulse(s) is adjusted to reduce residual magnetization thereafter.

**20 Claims, 5 Drawing Sheets**

